



学法导航

高中教学同步辅导

GAOZHONGJIAOXUETONGBUFUDAO

高三

物理

教师用书

主编 易鹏



海南出版社



学法导航

高中教学同步辅导

GAOZHONGJIAOXUETONGBUFUDAO

高三

教师用书

物理

主 编 易 鹏
编 委 胡福生 彭宪伟
何立文

海南出版社

图书在版编目(CIP)数据

学海导航·高中教学同步辅导·高三物理 / 易鹏主编

—海口:海南出版社,2002.12

教师用书

ISBN7-5443-0599-6

I.高... II.易... III.物理课—教师用书(教育)—高中 IV.G633

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第090479号

学海导航·高中教学同步辅导

教师用书·物理(高三)

主 编 易 鹏

责任编辑 崔修彬

海南出版社 出版发行

海口市金盘开发区建设三横路2号

邮编:570216

湘潭市风帆印务有限公司印刷

各地新华书店经销

2004年12月第1版第1次印刷

开本:850×1168 1/16 印张:62 字数:178万

ISBN 7-5443-0599-6/G·228

定价:80.00元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请直接向承印厂调换)

前 言

随着新一轮高中物理课程改革的进行,如何把握新的教学大纲和进行新教材的教与学,尤其是步入高三学习的同学如何高效地学习《全日制普通高级中学教科书(必修加选修)物理第三册》,是摆在广大物理教师和学生面前的全新课题。为了配合新教材的使用,我们严格遵循新大纲和新教材,针对高考新动向,组织部分优秀教师精心编写了《学海导航·高三教学同步辅导·物理》。本书涉及的内容是高中物理知识的《光学》和《近代物理初步》两部分。这两部分知识尽管不是中学物理的重点、热点部分,但却是高考的必考内容。所以在编写此书时,希望能帮助广大同学经历物理概念、规律的建立和应用过程,力争对教材新内容的同步辅导与高考第一轮复习有机地结合,使学生学完《全日制普通高级中学教科书物理(必修加选修)第三册》后,能直接到达高考要求,以便有更加充裕的时间从容面对高考。

本书按教材编排的内容为单位编写。每节主要设置如下栏目:

- [知能目标] 让学生明确学习目的,把握高考要求。
- [教学建议] 对本节教学内容编者提出了一些建设性的建议。
- [要点精析] 使学生能清晰地掌握物理概念的内涵,提高能力,外延所学知识,到达高考要求。
- [典例示范] 精选典型例题,重视解题思路的培养。
- [同步练习] 偏重于基础知识和基本技能的落实。
- [巩固提升] 着眼高考,提高物理知识综合运用能力。
- [学海拾贝] 增加了一些物理趣味知识,以拓展学生知识视野,提高综合素质,培养学生兴趣。

每章的小结有[知识网络]和[知识概要]两部分,以便帮助学生能宏观把握,构建完整的知识体系。每章单元检测卷对本章进行知识和能力的强化训练。

参加本书编写工作的有:胡福生同志编写“光学”部分;易鹏同志编写“近代物理初步”部分;彭宪伟、何立文同志审稿。全书由易鹏同志统稿和审定。

编 者

2004 年 12 月

目 录

第十九章 光的传播

- 一 光的直线传播 (1)
- 二 光的折射 (6)
- 三 全反射 (13)
- 四 光的色散 (18)
- 五 学生实验:测定玻璃的折射率 (22)
- 本章小结 (26)
- 单元检测题 (27)

第二十章 光的波动性

- 一 光的干涉 (31)
- 二 光的衍射 (37)
- 三 光的电磁说 (40)
- 四 光的偏振 (43)
- 五 激光 (45)
- 六 学生实验:用双缝干涉测光的波长 (47)
- 本章小结 (49)
- 单元检测题 (51)
- 光学综合测试题 (54)

第二十一章 量子论初步

- 一 光电效应 光子 (58)
- 二 光的波粒二象性 (62)

- 三 能级 (66)
- 四、五 物质波 ※不确定关系 (69)
- 本章小结 (72)
- 单元检测题 (73)

第二十二章 原子核

- 一 原子的核式结构 原子核 (76)
- 二 天然放射现象 衰变 (80)
- 三、四 ※探测射线的方法 放射性的应用与防护 (84)
- 五 核反应 核能 (88)
- 六 裂变 (91)
- 七 轻核的聚变 (95)
- 本章小结 (98)
- 单元检测题 (99)

※第二十三章 相对论简介

- 一 狭义相对论的基本假设 (102)
- 二 时间和空间的相对性 (105)
- 三 狭义相对论的其他结论 (107)
- 四 惯性力 惯性质量和引力质量 (109)
- 综合检测题 (111)

第十九章 光的传播

一 光的直线传播



知能目标

[P₁]

[注: [P_n]表示该栏目在学
生用书中对应的页码]

1. 知道什么是光源.
2. 明确光的直线传播特性.
3. 知道光在真空中的传播速度.
4. 能用光的直线传播原理解释影的形成、本影和半影.



教法建议

[P₁]

光线,是本节的核心概念,也是后面研究光的直线传播的重要基础工具,所以本节课的内容应围绕光线进行.首先介绍各种常见的发光体,知道什么是光源,它是光线的源头.通过演示或挂图展示,建立对“光线”的感性认识,在此基础上,建立科学抽象的理想模型.

本影和半影是现行教材中没有而《高考大纲》中要求掌握的内容,在补充介绍点光源、面光源的基础上,可以通过各种日食、月食现象来帮助掌握本影、半影概念,并由此激发学生的学习兴趣.



要点精析

[P₁]

1. 光源:能自行发光的物体叫做光源,如太阳、电灯、点燃的蜡烛等.通常分为点光源和线(面)光源.光具有光能,从能量的转化与守恒的角度来看,光源是将其他形式的能量转化为光能的物质或装置.

注意:人眼睛看到的物体不全是光源,很多不是光源的物体可以通过其漫反射的光线被人看到.

2. 光介质:光能够在其中传播的物质叫做光介质,也称介质.介质可以是固体、液体或气体.介质又可分为均匀介质和非均匀介质.介质都是透明或半透明的物质.光的传播也可以不依靠介质在真空中进行.

3. 光线:表示光传播方向和路径的几何线叫做光线.在光线上标明箭头,表示光的传播方向.光线是一个理想模型,人眼睛看到的“光线”是尘埃漫反射的结果,在真空和纯净介质中人看不到光线.

光束:有一定关系的一些光线的集合.常见的有平行光束、发散光束和会聚光束.

4. 直线传播规律:光在同一种均匀介质中是沿直线传播的.光的传播过程,也是能量传递的过程.光在非均匀介质中的传播路径一般不是直线,这个问题在以后专门讲解.

该规律与后面的反射定律、折射定律并称为几何光学的三大规律.

5. 光速:光的传播速度.

真空中的光速:各种不同频率的光在真空中的传播速度都相同,均为:

$$c = 3.0 \times 10^8 \text{ km/s} = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}.$$

光在空气中的速度近似等 c ,光在其它媒质中的速度都小于 c ,其大小除了与媒质性质有关外,还与光的频率有关(这一点与机械波不同,机械波的波速仅由媒质的性质即密度、弹性和温度等决定)

注意:光年不是时间单位,而是长度单位.光在真空中一年时间内传播的距离叫做光年. $1 \text{ 光年} = ct = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s} \times$

$$365 \times 24 \times 3600s = 9.4608 \times 10^{15} m.$$

6. 小孔成像:小孔成像是由于光的直线传播形成的;小孔成的像是发光物体(或反射光的物体)的像,而不是孔的像,所以与孔的形状无关;小孔成像中,像的清晰程度与孔的大小有关;像是倒立的实像.

7. 影:点光源发出的光,照到不透明的物体上时,物体向光的表面被照亮,在背光面的后方形形成一个光照不到的黑暗区域,这就是物体的影.影区是发自光源并与被照物体的表面相切的光线围成的.影分为本影与半影.

本影:光源上所有发光点都照不到的区域.

半影:光源上一部分发光点能照到,而另一部分发光点照不到的区域成为半明半暗的半影.

本影与半影都是光的直线传播的结果.

8. 日食和月食(如图 19-1-1)

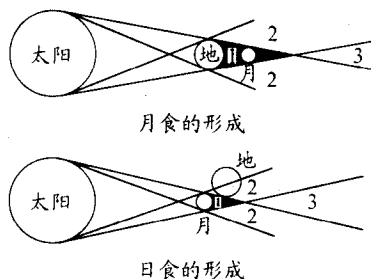


图 19-1-1

(1) 月食:

- 当月球处于②③里时,看不到月食;
- 当月球一部分处于①里时,可看到月偏食(只能看到一部分月亮);
- 当月球全部处于①里时,可看到月全食(完全看不到月亮).

(2) 日食:

- 在月球的本影区①里,可看到日全食(完全看不到太阳);
- 在月球的半影区②里,可看到日偏食(只能看到一部分太阳);
- 在月球的半影区③里,可看到日环食(只能看到太阳的边缘部分).



典例示范

P₂

【例 1】下列说法正确的是 ()

- 火炬是一个点光源
- 太阳发出的光是平行光
- 天空中朵朵白云不是光源
- 光线就是光源发出的线.

【解析】根据光源、点光源、光线、平行光等基本概念进行分析、判断. A 错,火炬是一个发光体,是否视为点光源是有条件的,一般由研究问题的具体情况决定,而不能仅看发光体的大小.点光源和前面学过的质点、点电荷相似,都属于理想模型. B 错,太阳发出的光以太阳为中心向宇宙空间辐射,只有离太阳很远的地方且在不太大的范围内才可以将太阳光视为平行光. C 对,白云不是自行发光,它是靠漫反射太阳光才被人们看到. D 错,光线是人们为了描述光的传播方向而画出的线,光源发出的是光,而不是光线.

扩展: _____

【例 2】手术室的无影灯下真的没有影吗?为什么叫它无影灯?

【解析】根据光的直线传播规律,理解本影和半影的形成原因.无影灯下并不是没有影,医生前倾的上身、手术刀等都不透明,在光路中一定会形成影,只是无影灯发光面积较大,所以形成的影几乎全是半影,只要灯亮度足够,就可以满足医生清楚地观察切口,顺利进行手术.由于这种灯下没有明显的暗区(本影区),障碍物下没有清晰的影子,所以叫无影灯.

扩展: _____

【例 3】古希腊某地理学家通过长期观测,发现 6 月 21 日正午时刻,在北半球 A 城阳光与垂直方向成 7.5° 角下射,而在 A 城正南方,与 A 城地面距离 L 的 B 城,阳光恰好

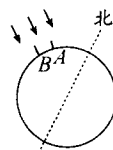


图 19-1-2

沿垂直方向下射,射到地球的阳光可视为平行光,如图 19-1-2 示,据此他估算出了地球的半径,试写出地球半径的表达式 $R =$ _____.

【解析】此题考查了基本的地理知识,只须应用光的直线传播知识再加以做辅助图线即可较容易地作出.信息题一般是由很基本的物理知识与社会、生活、自然等方面的知识相结合,只要冷静思考,选用方法得当,大都能较轻易的解出.过 A、B 两地的地球半径间的夹角是 7.5° ,两地间距 L 可以看作一段弧长,由 $\frac{L}{2\pi R} = \frac{7.5^\circ}{360^\circ}$ 得 $R = 24L/\pi$.

扩展: _____



同类练习 [P₃]

- ☞ 1. 下列说法正确的是 (B)
- A. 光线是从人眼中发出的
 - B. 太阳有时也可以看作点光源
 - C. 在真空中可以看到较清晰的光线
 - D. 阳光照进飘有尘埃的房间,人眼睛看到的光线是太阳直接发出的

【解析】光线是人们作出的、表示由光源发出的光的传播方向和路径的几何线,人眼感觉到光是因为有光射入人的眼中,所以 A 错;在研究宇宙中大尺度的光传播现象时,如果太阳的发光面大小对研究的问题来说已可以看作一个点,则太阳就可以看成点光源, B 对;光在真空中传播时,由于没有什么物质可以改变光传播的方向,人们只能逆着光看到“刺眼的光芒”,而不能从侧面看到“光线”, C 错;在飘有尘埃的房间内,光所经之处,大量的尘埃对光产生了漫反射,所以人眼看到的光线是反射光, D 错.

- ☞ 2. 在正午的阳光下,手持铅笔盒水平置于地面上约 10 厘米高处,观察其下面的影子,再将其升高到约 2 米高处,再观察其下面的影子,有什么不同? 分析为什么.

【答案】在高处看到影子变小,其实是铅笔盒的本影区变小.

- ☞ 3. 长为 2m 的旗杆竖立在水平地面上,某时刻在阳光下测得其影长为 1.5m,旁边还有一烟囱影长为 7.5m,则这个烟囱的竖直高度为 10 m.

【解析】照射到地面上的阳光可看做平行光,在某时刻的同一地区,任何竖立物的高度与其影长之比为一定值,所以有 $\frac{2m}{1.5m} = \frac{h_2}{7.5m}$.

由此可得烟囱的竖直高度 $h_2 = 10m$.

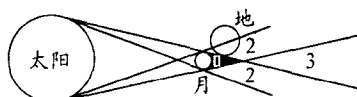


巩固提升 [P₃]

- ☞ 1. 下列说法正确的是 (C)
- A. 光总是沿直线传播的
 - B. 光在同一种介质中总是沿直线传播的
 - C. 小孔成像是光的直线传播形成的
 - D. 光在不同介质中总是沿直线传播的

【解析】光只有在同一种均匀介质中才是一定沿直线传播的,特别注意的是,即是同一种介质,如果不均匀,光的传播方向也会发生改变,所以 A、B、D 错;一般物体发出的光属于漫反射或“漫射”(如烛焰),各发光点分别向各个方向射出光线,如果通过小孔对光线加以“约束限制”,由光的直线传播规律,在孔后的光屏上就有了与物体上的各发光点一一对应的像点,也就形成了物体的像,所以 C 对.

- ☞ 2. 图 19-1-3 是发生日食的示意图,人在哪个地方能看到日环食 (C)



日食的形成

图 19-1-3

- A. 1 区
- B. 2 区
- C. 3 区
- D. 发生日环食时,地球上处于白天且天气晴好的任何地方都能看到

【解析】出现日环食的地方,是太阳发光面上的边缘部分发出的光线可以到达而中心部分发出的光线被月球挡住

的地方,属于月球后形成的一类半影区,由图 19-1-3 可以看出应该是“3”处,选 C.

☞ 3. 在一工棚的油毛毡屋顶上有一个小孔,太阳光通过小孔后在地面上形成一个圆形光斑,与这一现象无关的是 (A)

- A. 小孔的形状一定是圆的
- B. 太阳的形状是圆的
- C. 地面上的光斑是太阳的像
- D. 光是沿直线传播的

【解析】小孔成像的基本原理是光的直线传播规律,所以 D 对;像的形状应该和对应物的形状基本相同,即圆形光斑像反映了发光物太阳是圆的,所以 B、C 对,而对于成像“工具”小孔,只是对射来的光线起一个限制作用,孔的形状不会对像的形状产生影响,所以只选 A.

☞ 4. 光源发出的光照射到不透明物体上就会形成影,对于光源面积与影的大小,正确的是 (A)

- A. 光源面积越大,半影区越大
- B. 光源面积为零,半影区不为零
- C. 光源面积越大,本影区越大
- D. 影的大小与光源的面积无关

【解析】半影区是面光源中各发光点在障碍物后面形成的影区的合成,面光源越大,发光点越多,所有发光点对应影区就分布得越广,则半影区就相应地越大, A 对;而各影区完全叠加的区域就会被“侵占”得越来越小,即本影区变小, C 错;反之,当光源面积缩减至零时,影区将全部变为本影区, B 错;所以无论本影区还是半影区,都与光源面积有关, D 错.

☞ 5. 无影灯是由多个大面积的光源组合而成的,关于其照明效果,正确的是 (C)

- A. 没有影子
- B. 有本影
- C. 没有本影
- D. 没有半影

【解析】无影灯的发光点分布在较大的面积内,即使灯下有不太大的障碍物,也能保证有一部分光源发出的光线照到障碍物下面的操作台上,避免在操作台上形成本影区,选 C.

☞ 6. 下面说法中正确的是 (D)

- A. 光源能够射出无数多条光线

B. 光线实际上是客观存在的

C. 光线是细光束的抽象说法

D. 光线是用来表示光的传播方向的直线

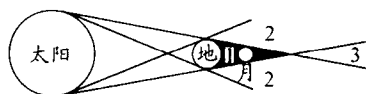
【解析】光线是人们为了形象描述光的传播方向而作出的直线,实际上并不存在,所以 A、B 错, D 对;而光来可以看成是一些光线的集合, C 错.

☞ 7. 利用激光可以得到平行度非常高的光束,这种平行光照到不透明物体上,可在物体后方形成 (A)

- A. 本影
- B. 半影
- C. 既有本影又有半影
- D. 无法判断

【解析】由于激光光束中的各条光线方向完全一致,这样激光束的每一条光线沿直线传播都无法到达不透明物体的后面,因此物体后方形成本影区,选 A.

☞ 8. 当地球运转到太阳与月球之间时,就会出现月食,在图 19-1-4 中给出了地球挡住太阳时形成的本影与半影区,地球上的人们当月球进入 1、2 区交界处时,可看到月偏食;如果月球进入 1 区时,可看到月全食.



月食的形成

图 19-1-4

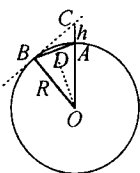
【解析】人们能看到月球,是由于来自太阳的光在月球表面发生了漫反射,即使原来射向月球某处的太阳光被挡住了一部分而不是全部,该处的月球表面照样会将比原来少一些的光线反射向地球上的观察者,因此,进入半影区的那部分月球,在地球上看来只是比原来“暗”一些,而并没有“蚀去”,只有进入本影区的部分才无太阳光可以反射,看起来被“蚀”掉,所以月球处于 1、2 区交界处时,处于 1 区的那部分“蚀”去,出现月偏食,而月球全部进入 1 区,则全部“蚀”去,出现月全食.

☞ 9. 有人从高出海面 10m 的地方向平静的海平面眺望,他最远能看到海面的距离为 11.3km. (地球半径为 6.4×10^3 km)

【解析】如图所示,设地球半径为 R ,人高出海平面高度

为 h , 在海平面 B 处发出的切向光线恰沿直线传播到 C 处, 图中 $\angle BAC \approx 90^\circ$, 海面距离 $L \approx \overline{AB} \approx \overline{CB}$

由 $\triangle CBA \sim \triangle BOD$, 得 $\frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{OB}}{\overline{BD}}$



$$\text{即 } \frac{L}{h} = \frac{R}{L/2}$$

$$\begin{aligned} \therefore L &= \sqrt{2Rh} = \sqrt{2 \times 6.4 \times 10^6 \times 10} \\ &= 1.13 \times 10^4 \text{ m} = 11.3 \text{ km} \end{aligned}$$

◆ 学海拾贝 ◆

牛顿在光学上的成就

牛顿的《光学》是他的另一本科学经典著作(1704年). 该书的副标题是“关于光的反射、折射、拐折和颜色的论文”, 集中反映了他的光学成就.

第一篇是几何光学和颜色理论(棱镜光谱实验). 从1663年起, 他开始磨制透镜和自制望远镜. 在他送交皇家学会的信中报告说:“我在1666年初做了一个三角形的玻璃棱镜, 以便试验那著名的颜色现象. 为此, 我弄暗我的房间……”接着详细叙述了他开小孔、引阳光进行的棱镜色散实验. 关于光的颜色理论从亚里士多德到笛卡儿都认为“白光纯洁均匀, 乃是光的本色. 色光乃是白光的变种.”牛顿细致地注意到阳光不是像过去人们所说的五色而是在红、黄、绿、蓝、紫色之间还有橙、靛青等中间色共七色. 奇怪的还有棱镜分光后形成的不是圆形而是长条椭圆形, 接着他又试验“玻璃的不同厚度部分”、“不同大小的窗孔”、“将棱镜放在外边”再通过孔、“玻璃的不平或偶然不规则”等的影响; 用两个棱

镜正倒放置以“消除第一棱镜的效应”; 取“来自太阳不同部分的光线, 看其不同的入射方向会产生什么样的影响”; 并“计算各色光线的折射率”, “观察光线经棱镜后会不会沿曲线运动”; 最后才做了“判决性试验”: 在棱镜所形成的彩色带中通过屏幕上的小孔取出单色光, 再投射到第二棱镜后, 得出核色光的折射率(当时叫“折射程度”), 这样就得出“白光本身是由折射程度不同的各种彩色光所组成的非均匀的混合物”. 这个惊人的结论推翻了前人的学说, 是牛顿细致观察和多项反复实验与思考的结果. 在研究这个问题的过程中, 牛顿还肯定: 不管是伽利略望远镜(凹、凸)还是开普勒望远镜(两个凸透镜), 其结构本身都无法避免物镜色散引起的色差. 他发现经过仔细研磨后的金属反射镜面作为物镜可放大30~40倍. 1671年他将此镜送皇家学会保存, 至今的巨型天文望远镜仍用牛顿式的基本结构. 牛顿磨制及抛光精密光学镜面的方法, 至今仍是不少工厂光学加工的主要手段.

二 光的折射



知能目标 [P₃]

1. 对反射定律的理解和应用.
2. 掌握平面镜成像的特点和作图方法.
3. 能用作图方法和几何知识分析平面镜对光路的控制和成像问题.
4. 理解光的折射现象和折射定律,会用折射定律解释简单的现象.
5. 知道折射率的定义及其与光速的关系,并能进行简单的计算.
6. 知道在反射和折射现象中光路是可逆的,并用来处理有关问题.



教法建议 [P₃]

反射现象是初中学习过的内容,可在复习的基础上强调漫反射也遵守反射定律及其在生活中的重要意义,再熟悉一下平面镜成像及对光路的控制问题.

光的折射定律、折射率是本节课的重点,应在实验和列举生活实例的基础上,先让学生了解、接受折射现象.知道折射和反射是同时发生的.应重视折射定律的发现过程,培养学生分析问题、归纳总结规律的能力.明确折射率的物理意义和决定因素,区分它与物质密度的不同特点,掌握折射率的两个关系式.本节课的难点是光的折射定律和折射率的应用.通过具体问题的分析解决加深对折射率概念的理解,学会解决问题的方法.

光的折射定律是几何光学的三大基本规律之一,是研究几何光学的重要法宝.在应用时,一定要注意作图,突出几何的特点.教师在黑板上作图一定要规范作图,强调学生要用规尺作图,以便养成良好的学习习惯,为将来的学习打好基础.

光路的可逆性是几何光学的一个重要知识点,它对于解决一些光学问题很有帮助,可以通过例题加强学生对它的理

解和掌握.

通常说的介质的折射率是指介质的绝对折射率,即光从真空射入某种介质时的折射率.相对折射率在高中阶段不求,一般学校的学生最好不引入,避免引起概念混乱.



要点精析 [P₃]

1. **反射现象**:当光照射到两种介质的分界面上或者照射到不透明物质界面上时(黑体除外),总有一部分光被反射到原介质中,这种现象称为光的反射.可见,光的反射现象具有普遍性.反射光用反射光线表示.

2. **反射定律**:反射光线在入射光线和法线所决定的平面内,它与入射光线分居法线的两侧,反射角等于入射角.

该定律的叙述可以看作对反射光线的逐步定位.

3. 反射现象的分类

①**镜面反射**:光滑介质面上的反射现象叫做镜面反射.镜面反射不仅限于不透明固体表面,还会发生于透明固体、液体甚至气体界面处.例如,透明玻璃表面,水面,不同的空气层间(以后会介绍夏日蜃景).

②**漫反射**:发生在粗糙介质面上的反射现象叫做漫反射.漫反射对人和其它动物的生活影响更加广泛.

镜面反射和漫反射都遵从反射定律.

4. 在反射现象中,光路是可逆的.

5. **平面镜的光学特点**:不改变入射光束的性质.即

- ①入射光束是平行光束,反射光束仍然是平行光束;
- ②入射光束是会聚光束,反射光束仍然是会聚光束;
- ③入射光束是发散光束,反射光束仍然是发散光束.

6. 平面镜成像特点

①遵从反射定律;

②像在平面镜的后面,是正立等大的虚像,物像关于镜面对称.

③像与物方位关系:上下不颠倒,左右要交换.

7. 平面镜成像作图法

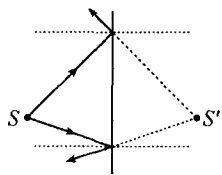


图19-2-1

①反射定律法:从物点作任意两条入射光线,根据反射定律作其反射光线,两反射光线的反向延长线的交点,如图19-2-1示

②对称法:作物点到镜面的垂线,在此垂面上镜面的另一侧截取与物点到镜面距离相等的点为虚像点.如图19-2-2示

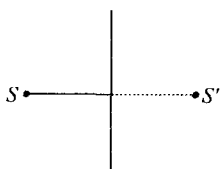


图19-2-2

8. 平面镜对光路的控制

①在入射光线方向保持不变的情况下,若把平面镜旋转 θ 角,则反射光线将偏转 2θ 角.如图19-2-3示, $\angle 3 = 2\theta$

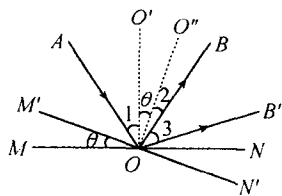


图19-2-3

②互成角度的两个平面镜对光路的控制规律:两平面镜成 θ 角,入射光线 a 经过两次反射最后的出射光线 b 与入射光线 a 的夹角为 2θ .如图19-2-4所示, $\angle 3 = 2(\angle 1 + \angle 2) = 2\theta$.

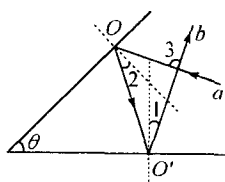


图19-2-4

9. 光的折射现象:光由一种介质进入另一种介质或在同一种不均匀介质中传播时,方向发生偏折的现象叫做光的折射.发生光的折射时一般有反射同时发生.

两种特殊情况:①光线垂直介质界面射入时,折射光方向不发生偏折;

②达到全反射条件时,进入另一种介质的折射光消失,只剩下反射光.

在折射现象中,光路也是可逆的.

10. 折射定律:折射光线位于入射光线与法线所决定的平面内,折射光线和入射光线分别位于法线两侧.入射角的正弦与折射角的正弦成之比,在介质不变的情况下,是一个常数,即 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$. 该定律也称斯涅尔定律(斯涅尔是荷兰数学家)

该定律的叙述与反射定律类似,可以看作对折射光线的逐步定位.

11. 折射率:光从真空(在这里空气可近似于真空)斜射入某种介质发生折射时,入射角的正弦与折射角的正弦成之比,叫做这种介质的折射率.研究表明,任何介质的折射率 n 都大于1(空气的折射率接近1).

注意:介质的折射率与其密度没有直接关系,例如酒精的折射率大于水的折射率,而密度则相反.

12. 折射率的两个关系式

① $n = \frac{\sin i}{\sin r}$, 根据光路的可逆性,无论光线的入射方向如何,折射率 n 总等于真空中光线与界面法线夹角的正弦与介质中光线与界面法线夹角的正弦之比,且前者总大于后者.

② $n = \frac{c}{v}$ 光在介质中的传播速度与介质的折射率成反比,都小于光在真空中的传播速度.

13. 折射率的物理意义:它反映了介质对光线的偏折本领.当光线从真空(或空气)以同样的人射角射入不同的介质时,介质折射率越大,折射角就会越小,折射光线偏离入射方向的角度就越大.

典例示范 [P₆]

【例1】如图19-2-5示, S 为点光源, MN 为平面镜.

- (1) 用作图画出通过 P 点的反射光线所对应的人射光线;
 (2) 确定其成像观察范围.

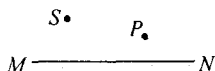
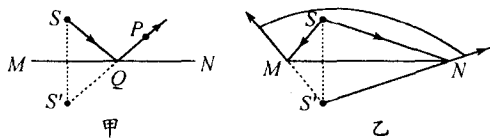


图19-2-5

【解析】这是一道关于平面镜成像的题目, 主要考查对平面镜成像规律的认识. 方法是先确定像点的位置, 然后再画出符合要求的光线和与之对应的入射光线. 这种作图方法也是最基本、最重要的作图法, 必须掌握. (1) 先确定 S 对应的像 S' , 连接 PS' 与 MN 交于一点 Q 点, Q 点即是 P 点的反射点, 连接 SQ 即得对应的入射光线. 如图甲.

(2) 由对称性确定 S' 后, 过 S' 连接 MN 两端点的边界光线 $S'M$ 和 $S'N$, 此区域即为像点 S' 的观察范围. 如图乙.



扩展: _____

【例2】光线从空气射入 $n = \sqrt{3}$ 的介质中, 反射光线恰垂直于折射光线, 则入射角约为多少?

【解析】本题条件虽然简洁, 但需要应用反射、折射两大基础定律才能解决问题. 作出较规正的光路图是解决光路问题的重要前提. 根据光的反射定律有入射角 i 跟反射角 β 相等 $i = \beta$, 根据题意折射光线与反射光线垂直, 即两光线的夹角为 90° , 则反射角 β 与折射角 r 互余, 即 $\beta + r = 90^\circ$,

则 $i + r = 90^\circ$. 又根据折射率的定义式:

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\sin(90^\circ - i)} = \frac{\sin i}{\cos i} = \tan i$$

又 $\tan i = \sqrt{3}$, 所以 $i = 60^\circ$

扩展: _____

【例3】(2002年高考全国卷)如图

19-2-6 示, 为了观察门外情况, 有人在门上开一小圆孔, 将一圆柱形玻璃嵌入其中, 圆柱体轴线与门面垂直, 从圆

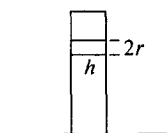


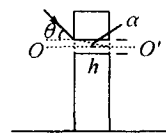
图19-2-6

柱底面中心看上去, 可以看到的门外入射光线与轴线间的最大夹角称为视场角. 已知玻璃折射率为 n , 圆柱长为 h , 底面半径为 r , 则视场角是 ()

- A. $\arcsin \frac{nh}{\sqrt{r^2 + h^2}}$ B. $\arcsin \frac{nr}{\sqrt{r^2 + h^2}}$
 C. $\arcsin \frac{r}{n\sqrt{r^2 + h^2}}$ D. $\arcsin \frac{h}{n\sqrt{r^2 + h^2}}$

【解析】严格地说, 天文学中的视场角应为题中定义的2倍, 这也是人们的习惯认识. 因此, 做信息题时既要结合自己的生活常识, 又要看清题中的设定, 否则做题容易出现“技术性”的错误.

本题是生活中常见的现象, 在做出光路图的基础上, 理解视场角的物理意义, 利用折射率概念即可解出. 如图所示.



根据 $\sin \alpha = \frac{r}{\sqrt{r^2 + h^2}}$, 又有 $\frac{\sin \theta}{\sin \alpha} = n$

所以 $\sin \theta = \frac{nr}{\sqrt{r^2 + h^2}}$, 故 $\theta = \arcsin \frac{nr}{\sqrt{r^2 + h^2}}$. 故选 B.

扩展: _____

【例4】如图19-2-7示

示, 一个物点位于折射率为 n 的介质中 h_0 深处, 当在介质界面正上方观察时, 证明: 物体的视

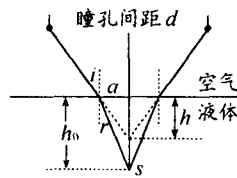


图19-2-7

深为: $h = \frac{h_0}{n}$.

【解析】“视深”是生活中很常见的问题, 也就是观察者在空气中看液体内的物体位置要“浅”一些. 这里的视深公式, 在近乎物体正上方观察时才成立, 利用它不仅可以极为

简捷地测定媒质的折射率,而且还可以很方便地分析和解决与视深有关的各种问题.

同样的道理,还有观察者在介质内看空气中物体位置的视高公式: $h = nh_0$

根据光路可逆和折射定律: $n = \frac{\sin i}{\sin r}$.

一般两瞳孔的间距 $d = 2 \sim 3$ 厘米,因此 i 和 r 都非常

小,则 $\sin i \approx \tan i = \frac{a}{h}$, $\sin r \approx \tan r = \frac{a}{h_0}$,故 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{h_0}{h}$

可见:视深比实深小.

扩展:_____



同类练习

[P₇]

例 1. (2004 全国高考·甘肃)如

图 19-2-8 所示, M 是竖直放置的平面镜,镜离地面的距离可以调节.

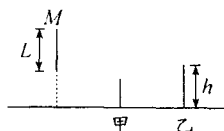


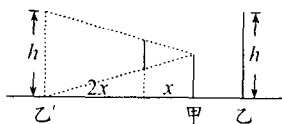
图 19-2-8

甲、乙二人站在镜前,乙离镜的距离为甲离镜距离的 2 倍.二人略错开,以便甲能看到乙的像. L 表示镜的长度, h 表示乙的身高,为使甲能看到乙的全身像, L 的最小值为

- (A) $\frac{1}{3}h$ B. $\frac{1}{2}h$
C. $\frac{3}{4}h$ D. h

【解析】如下图所示,设甲距平面镜 x ,则乙的像距镜 $2x$

距离,由相似三角形关系,得 $\frac{L}{h} = \frac{x}{x+2x}$,

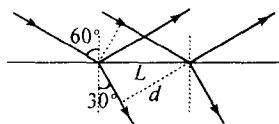


得镜长的最小值 $L = \frac{1}{3}h$.

例 2. 一束宽度为 10cm 的平行光束,以 60° 的入射角从空气射入折射率为 $\sqrt{3}$ 的介质中,界面光滑平整,求反射光

束和折射光束的宽度.

【解析】如下图所示,由反射定律可知,反射光束与入射光束宽度相同,也是 10cm,介质面被照亮的宽度 $L = \frac{10\text{cm}}{\sin 30^\circ} = 20\text{cm}$



由折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$,得 $\sin r = \frac{\sin 60^\circ}{\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$,即 $r = 30^\circ$

由此可得折射光束的宽度

$$d = L \cos 30^\circ = 20 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{cm} = 17.3 \text{cm}.$$

例 3. 点光源 S 通过带有圆孔的挡板 N ,照射到屏 M 上,形成直径为 d 的亮圆.如果在挡板靠近光屏一侧放上一块厚玻璃砖,如图 19-2-9 所示,这时点光源通过圆孔和玻璃,在屏上形成直径为 D 的亮圆.则直径 D 和 d 的大小关系为 (C)

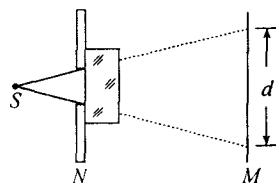
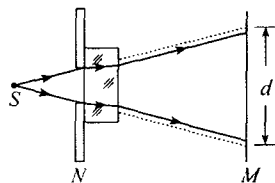


图 19-2-9

- A. $d < D$ B. $d = D$
C. $d > D$ D. 无法确定

【解析】由光线经玻璃砖的折射特点,作图可知应选 C.



例 4. 一人在湖面的船上发现正下方水面下有一条大鱼,人眼睛距离水面大约有 1m,他感觉鱼在水面下 1.5m 处.问:

(1)鱼在水中的实际深度和鱼感觉到的人眼睛离水面的距离(水的折射率 $n = 1.33$);

(2) 现鱼游离正下方后, 人用钢针枪枪口瞄准鱼发射, 钢针能否射中;

(3) 用激光枪瞄准鱼发射呢?

【解析】(1) 鱼的视深 $h = 1.5\text{m}$, 由例 4 知 $n = \frac{h_0}{h}$, 所以

鱼的实际深度 $h_0 = nh = 2\text{m}$.

由光路的可逆性, 水中的鱼感觉水外的物体位置比实际会更高一些, 类似于前面的关系, 鱼感觉人眼睛到水面的距离为 $h_1 = 1.33 \times 1\text{m} = 1.33\text{m}$.

(2) 人在水面外用枪口瞄准的实际上是鱼经水面折射所成的虚像位置. 射出的钢针沿直线运动, 当然不能射中鱼.

(3) 根据光路的可逆性, 激光枪发出的激光可以顺“原路”击中鱼.



巩固提升 [P₈]

1. 关于光的反射下列说法中错误的是 (B)

- A. 反射光线跟入射光线在同一平面上, 反射光线和入射光线分居法线的两侧
- B. 镜面反射指反射角等于入射角, 是有规律的反射; 漫反射时反射角不等于入射角, 是无确定方向的反射
- C. 当入射光线与法线的夹角为 30° 时, 反射角一定是 30°
- D. 当入射光线与界面成 90° 角时, 反射角为 0°

【解析】根据反射定律知 A 正确, 发生漫反射是因为物体的反射面不平整, 各反射点的法线方向不一致, 导致反射光线的方向千差万别, 而并非漫反射不遵守反射定律, 所以 B 错误, 入射角指的是入射光线与法线的夹角, 所以 C、D 正确, 本题只选 B.

2. 下面哪些现象是漫反射引起的 (D)

- A. 能从不同方向看到光源
- B. 通过水面看到物体的像
- C. 晚上在灯下看书会看到纸面上发出刺眼的光泽
- D. 能从不同方向看清电影银幕上的像

【解析】人能看到光源是光源发出的光射入人的眼中,

而不是有反射光线因此 A 错, 水面和光洁的纸面上发生的都是镜面反射, B、C 错, 电影银幕能将放映机射来的光线反射到不同方向, 属于漫反射, 选 D.

3. 一个人从远处走向一面竖直放置的平面镜, 他在镜中的像的大小变化情况是 (C)

- A. 逐渐变大
- B. 逐渐变小
- C. 大小不变
- D. 无法确定

【解析】平面镜成的是等大的虚像, 它与物体到镜面的距离无关, 选 C.

4. 一人站在平面镜前 1.5m 处, 这个人向镜子前进了 0.5m , 此时人和像之间的距离为 (C)

- A. 1m
- B. 1.5m
- C. 2m
- D. 2.5m

【解析】由于物、像距平面镜的距离总相等, 当人距镜 1m 时, 人像间距离为 2m , 选 C.

5. (2004 全国高考·陕西) 如

图 19-2-10 所示, S 为

一在 xy 平面内的点光源. 一平面镜垂直于 xy 平面

放置, 它与 xy 平面的交线为 MN , MN 与 x 轴的夹角 $\theta = 30^\circ$. 现保持 S 不动, 平面镜以速率 v 沿 x 轴正方向运动, 则 S 经平面镜所成的像

- A. 以速率 v 沿 x 轴正方向运动
- B. 以速率 v 沿 y 轴正方向运动
- C. 以速率 $\frac{1}{2}v$ 沿像与 S 连线方向向 S 运动
- D. 以速率 v 沿像与 S 连线方向向 S 运动

【解析】如右图所示, 由于物像总关于镜面对称所以像只在 SS' 连线上移动, 将镜面运动速度正交分解, 只有速度 v_{\perp} 决定像的运动.

像移动速度 $v' = 2v_{\perp} = 2v\sin 30^\circ = v$, 选 D.

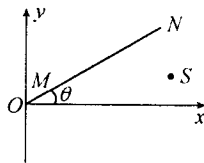
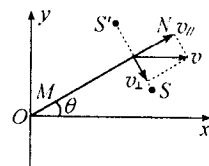


图 19-2-10



6. 一束光由空气入射某介质,入射角为 60° ,其折射光线恰好与反射光线垂直,则光在该介质中的传播速度为 (A)

- A. $\sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s}$ B. $\frac{\sqrt{3}}{3} \times 10^8 \text{ m/s}$
C. $\frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^8 \text{ m/s}$ D. $\sqrt{2} \times 10^8 \text{ m/s}$

【解析】由题意知,折射角为 30° ,

$$\text{则介质折射率 } n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3},$$

光在介质中的传播速度,

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{3}} \text{ m/s} = \sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s}, \text{ 选 A.}$$

7. 大气中空气层的密度是随着高度的增加而减小的.从大气外射来一束阳光,如图 19-2-11 所示的四个图中,能粗略表示这束阳光射到地面的路径的是 B;由此可知,早晨日出时有大气层比没有大气层人们更早 (填更早或更晚)一些看到太阳.

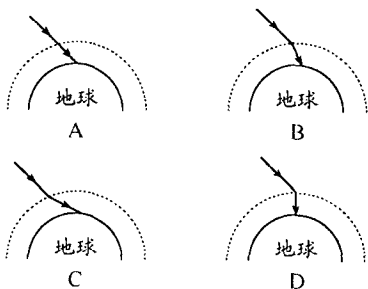


图 19-2-11

【解析】阳光在大气不同密度的“层面”会发生折射,底层大气密度大,折射率也就相应大一些,射向底层的光线就要向法线方向偏折,所以选 B. 早晨的第一缕阳光是经大气折射后才会与地面相切的,此时太阳的位置尚在水平线以下,因此有大气层比没有大气层人们会更早一些看到太阳.

8. 由某种透光物质制成的等腰直角棱镜 ABO,两腰长都是 16cm.为了测定这种物质的折射率,将棱镜放在直角坐标系中,并使两腰与 Ox 、 Oy 轴

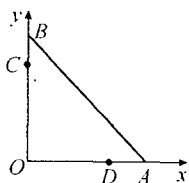
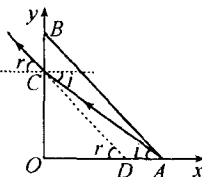


图 19-2-12

重合,如图 19-2-12 所示.从 OB 边的 C 点注视 A 棱,发现 A 棱的可视位置在 OA 边 D 点.在 C、D 两点插大头针,看出 C 点坐标位置(0,12),D 点坐标位置(9,0),由此可计算出该物质的折射率为 $\frac{4}{3}$.

【解析】在右图中,连接 AC、DC,并延长 DC,可得到一条由 A 点射向 BO 界面并发生折射的光路,并得到相应的入射角 i 和折射角 r ,并得到:



$$\sin i = \frac{12}{\sqrt{12^2 + 16^2}} = \frac{3}{5}, \sin r = \frac{12}{\sqrt{12^2 + 9^2}} = \frac{4}{5}$$

$$\text{所以折射率 } n = \frac{\sin r}{\sin i} = \frac{4}{3}.$$

9. 测量微小电流的仪器,一般不用指针的偏转来指示读数,而是象图 19-2-13 所示,在仪器的可动部分安装一个小平面镜 M,让光源 S 发出一束光射在 M 上,光线经 M 反射后射到离镜较远的标尺 N 上.当电流为零时,反射光线指在标尺的中央零刻度处;当有微小电流时,仪器的可动部分就带着小平面镜 M 转动一小角度,使反射光线偏离标尺零点而指在某一刻度处,用反射光线在标尺上指示的位置来显示电流的大小.反射光线就象一根无质量的指针.如果 M 到 N 的距离 $l = 0.5 \text{ m}$,当 M 转动 2° 时,反射光线在标尺上的位置将移动多少厘米?想一想,仪器用小平面镜的反射光线来代替普通灵敏电流计的指针来指示读数有什么优点?

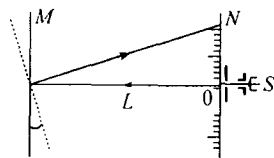


图 19-2-13

【解析】M 转动 2° ,可使反射光线的方向改变 4° ,在角度不大时,可将反射光线在标尺上的移动距离看作一段弧长 S,则 $S = \frac{4^\circ}{360^\circ} \times 2\pi l = 0.035 \text{ m} = 3.5 \text{ cm}$,这种设计可有效地

放大微小电流产生的效应,使读数更精确。

10. 如图 19-2-14 所示,一根竖直插到水底的杆 AB,在水中部分长 1.0m,露出水面部分长 0.3m,已知水的折射率为 $\frac{4}{3}$,则当阳光与水平面成 37° 角时,杆在水下的影长为多少米?

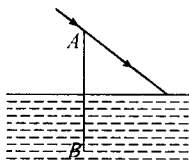


图 19-2-14

【解析】如图所示,

$$\text{由 } n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

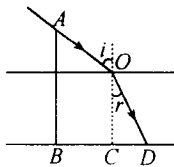
$$\therefore \sin r = \frac{\sin 53^\circ}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{5},$$

$$\text{折射角 } r = 37^\circ$$

$$\therefore L_{CD} = 1.0 \times \tan 37^\circ \text{ m} = 0.75 \text{ m}$$

$$\text{又 } L_{BC} = 0.3 \times \cot 37^\circ \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

$$\text{所以杆在水下的影长 } L_{BD} = L_{BC} + L_{CD} = 1.15 \text{ m}$$



◆ 学海拾贝 ◆

二元光学元件

提起光学元件你一定不陌生,在许多的光学仪器如望远镜、照相机、显微镜、光谱仪、单色仪中都有它的身影。透镜、反射镜、棱镜是常见的一类光学元件,它们的基础是几何光学的三个基本定律,即:光的直线传播定律、光的反射定律和光的折射定律,称之为折射反射型光学元件。另一类光学元件如光栅、光学全息元件,以光的波动理论为基础,称之为衍射光学元件。

20 世纪 80 年代中期,出现了一种用新技术制作出的衍射光学元件,这种借助于计算机辅助设计和微电子技术工艺制作的光学元件,在基片的表面形成浮雕型的结构,由于在制作中采用模板套刻方法,每一模板只有 0、1 两种状态,所以浮雕的台阶数为 2 的 N 次方,与数学上二进制相同,因而把它称为二元光学元件。用显微镜观察,你会看到一组由深度不同的台阶组成的条纹,不同功能的元件其条纹结构不同,当用光照射时就能衍射出相对应的光波,获得所需要的功能。

二元光学元件的出现迅速得到了学术界和工业界的青睐,被称为 20 世纪 90 年代的光学技术,它有如下的优点:

1. 能产生各种形式的光波,获得全新功能的光学元件。传统的光学元件由于制作方法的限制,元件对称性高,所以它的功能有限,仅能获得几种简单形式的光波波面,如:球面波、柱面波、平面波以及它们的组合的功能,对于产生非球面以及非对称的波面的元件制作难度大、成本高,有些甚至是不可能的。而这些问题用二元光学元件是可以解决的。

2. 小而轻,可以集成化。这种元件出现在基片的表面波长量级的厚度上,只要基片足够薄,它便可以相当轻,并可以做得很小。如一个微透镜阵列中的一个微透镜直径只有头发丝粗细,厚度仅 0.6 微米。

3. 具有高的转换效率。这是一种全透明的位相型的光学元件,即表面各处仅有高低不同的微小变化。当光照射时,能转换为所需要的光波动能的部分与台阶的数目有关。如:2 个台阶其转换效率为 41%,4 个台阶为 81%,8 个台阶为 95%。随着台阶数目的增加,其效率接近 100%。

4. 现代化的制造技术可以使制造过程相对快捷,便于大规模生产。由于元件为表面浮雕结构,因而可以用模压技术进行规模复制。